

MERTI 長期海外派遣報告書

(派遣期間：2019/9/3 — 2019/10/4)

理学系研究科物理学専攻修士2年
小野 清志郎

概要

私はカブリ理論物理学研究所(以下、KITP)にて、滞在型ワークショップ“Topological Quantum Matter: Concepts and Realizations”に参加しました。本報告書では、滞在中の研究内容や現地での生活について報告いたします。

研究内容

数学の概念である「トポロジー」が、物理学においても重要視されている。近年、非自明なトポロジーをもつ物質(トポロジカル絶縁体・超伝導体)の探索が精力的に行われてきた。

トポロジカルに自明かどうかはトポロジカル不変量を計算することによって区別されるが、一般に物質中のトポロジカル不変量を定義に則り計算するのは容易ではない。しかし結晶対称性の存在下では、トポロジカル不変量そのもの、あるいは整数値をとるトポロジカル不変量の剰余を結晶対称性の情報を利用して容易に計算することができる。この対称性とトポロジーの関係を利用した原初の例はFu-Kane公式である。この公式は、時間反転対称性と空間反転対称性を有する絶縁体のトポロジカル不変量を、占有バンドのブロッホ関数の空間反転対称性の固有値の積で計算できる。近年このアイデアを拡張して、高対称点のブロッホ関数の対称性の既約表現から物質のトポロジーを検出する対称性指標[1]が提案され、Fu-Kane公式は230個の空間群全てに拡張された。さらに、密度汎関数理論から得られる波動関数の既約表現を用いることで、実際の物質の対称性指標を計算することができる。この方法はデータ駆動的物質探索と相性が良く、その結果多数のトポロジカル絶縁体候補物質が発見された[2-4]。

絶縁体以外の非自明なトポロジーをもつ物質の代表的な例として超伝導体がある。超伝導体のトポロジーは、主に2つの理由から世界中の研究者を魅了している。1つは超伝導体のトポロジーに由来して素粒子物理学で提唱されたマヨラナ粒子が発現

し、量子コンピューターへの応用が期待されているからである。もう1つは、トポロジーの観点から超伝導を考えることで、超伝導相の理解が深まることだ。例えば、異方的超伝導体のギャップレス点の構造・安定性は低次元トポロジー由来の性質として統一



図 1: KITP での議論の様子

的に説明された。しかし、トポロジカル超伝導体を系統的に探索するための指針は確立されていなかった。そこで私はこの対称性指標の方法を、超伝導体を含む様々な系に適用できるよう拡張できないかということについて、ワークショップ参加者と議論を交わした。[5]

現地生活

カリフォルニア州サンタバーバラの空気は、乾燥しており滞在期間中一度も雨が降ることがなかった。KITP 周辺の治安は非常によく、自転車専用の道が整備されているなど滞在期間において生活のストレスは何一つなかった。

また、ある休日にはデンマーク民族の伝統を祝う「デンマークの日」が行われている Solvang という町に行った。そこでは、多くの人々がデンマークの伝統的な服装を着て、デンマークの伝統的なダンスを踊っていた。私は、「エイブルールスキューワ」と呼ばれるデンマークの伝統的な朝食を食べたが、実はそれがたこ焼きと同じような器具で作られていることを学んだ(図 2)。



図 2: エイブルールスキューワに関する展示物

謝辞

長期海外派遣の機会を与えてくださった指導教官である押川正毅教授、旅費のサポートをくださった物性研究所海外学生派遣プログラム、その事務手続きにおいて大変良くしてくださった国際交流室橋口さんにこの場を借りて改めて感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] H.C. Po, A. Vishwanath, and H. Watanabe, *Nat. Commun.* **8**, 50(2017).
- [2] T. Zhang, *et al.*, F. Tang, *et al.*, *Nature*, **566**, 475-479 (2019).
- [3] M. G. Vergoniry, *et al.*, *Nature*, **566**, 480-485 (2019).
- [4] F. Tang, *et al.*, *Nature*, **566**, 486-489 (2019).
- [5] S. Ono, H.C. Po, and H. Watanabe, arXiv:1909.09634.